Armas antisatélites

Si no se toman medidas para contener el desarrollo de esas armas, se verá seriamente amenazada la aportación positiva de los satélites a la seguridad internacional

Richard L. Garwin, Kurt Gottfried y Donald L. Hafner

Los formidables avances de la tecnología militar se han traducido en una fuerte disminución de la seguridad mundial. Hace cuatro décadas se habría necesitado varios meses para doblegar a una gran potencia por medio de un ataque total. Hoy podría borrarse del mapa toda una civilización en cuestión de horas. Los satélites artificiales son un raro ejemplo de nueva tecnología militar que, en términos generales, ha mejorado la seguridad mundial. Sin embargo, de no adoptarse rápidamente medidas políticas, el desarrollo del arsenal de armas antisatélites (ASAT) no tardará en conducir la carrera armamentista a una era en la que los satélites perderán la condición de relativa seguridad de que hoy gozan.

La amenaza que se cierne sobre los satélites tiene su origen en el doble papel que éstos desempeñan. En tiempos de paz, proporcionan tanto a los Estados Unidos como a la Unión Soviética una información rápida e irremplazable de las fuerzas y operaciones militares de la otra parte. Consecuencia de ello es que son esenciales en muchos aspectos de la planificación militar e indispensables para la comprobación del cumplimiento de los acuerdos sobre control de armas estratégicas. En la hipótesis de una crisis política en la que se viesen envueltas ambas superpotencias, conseguir que no se produjese un conflicto armado dependería en gran medida de los satélites, como instrumentos necesarios para la evaluación de las acciones del otro bando. Si se produjese una ruptura de las hostilidades, todas las posibilidades de evitar una escalada catastrófica dependerían del flujo continuado de la información de vigilancia y de las comunicaciones procedentes de los satélites. Pero la extraordinaria capacidad que éstos tienen para ver, escuchar y comunicar aumentaría enormemente la eficacia de las fuerzas militares en tiempos de guerra. Por esa razón, los satélites se convertirían en objetivos especialmente tentadores tan pronto como las hostilidades pareciesen inminentes. He ahí la razón del enorme interés que ambas partes han venido mostrando por el desarrollo de armas antisatélites.

En los años sesenta, Estados Unidos y la Unión Soviética desarrollaron armas con capacidad antisatélite. Estados Unidos acabó desmantelando su propio sistema antisatélite y adoptó la postura de que lo más beneficioso para su seguridad sería abstenerse en adelante de todo tipo de competición en armamentos de esa clase. No así la Unión Soviética, que continuó realizando pruebas esporádicas de su propio sistema.

A mediados de la década de los setenta, Estados Unidos cambió de postura, aunque manteniendo como objetivo último lograr un medio espacial libre de armamentos. Esta nueva política tenía dos componentes interrelacionados: del lado militar implicaba necesariamente desarrollar una nueva arma antisatélite más compleja; del lado de la diplomacia, implicaba también la necesidad de negociaciones dirigidas a la firma de un tratado que acabara por prohibir todas esas armas. En 1974 comenzaron a celebrarse conversaciones bilaterales sobre este tema, pero Estados Unidos las suspendió en 1979 a raíz de la intervención soviética en Afganistán. Desde entonces, la Unión Soviética ha sometido a las Naciones Unidas, en 1981 y 1983, sendos proyectos de tratados pidiendo el control de armamentos en el espacio, sin que Estados Unidos haya dado respuesta a tales iniciativas.

Ambos países han proseguido entretanto sus trabajos en el campo de las armas antisatélites. Más aún, la competencia en armamentos con base en el espacio seguramente se incrementará si Estados Unidos sigue la recomendación del presidente Reagan y se embarca en una exploración a gran escala de las posibilidades de un sistema de misiles antibalísticos con base en el espacio, denominado oficialmente "Iniciativa de Defensa Estratégica" y conocido comúnmente como el programa "Star Wars" ("Guerra de las estrellas"). En realidad, dada la íntima relación tecnológica que existe entre armas antisatélites y defensa por misiles balísticos, no podrían cumplirse ni siquiera las fases preliminares de semejante programa, si el tratado en vigor sobre misiles antibalísticos se completara con un acuerdo similar sobre limitación de armas antisatélites.

La entrada en escena de armas contra satélites pondría en evidencia que el papel positivo que los satélites desempeñan en el control de armamentos, en la creación de un clima de confianza y en la solución de conflictos se ha venido considerando de menor importancia que su capacidad de apoyo a auténticas operaciones militares. En lo que sigue trataremos precisamente esa cuestión. Además, no hay que dejar de señalar que queda todavía una oportunidad de negociar una limitación, militarmente importante y posible de comprobar, al progreso de la tecnología antisatélite, lo cual redundaría en interés de Estados Unidos y del mundo entero.

Hay que analizar muchos problemas antes de emitir un juicio sobre si es deseable o factible limitar, por vía negociadora, el progreso de la tecnología antisatélite. Es necesario evaluar los papeles de los satélites militares existentes y su vulnerabilidad a las armas antisatélites, así como el impacto probable de dichas armas en diferentes tipos de crisis. En este artículo abordaremos todas estas cuestiones y otras con ellas relacionadas.

Conviene distinguir entre los diversos tipos de satélites militares; y ver también en qué modo dependen de ellos Estados Unidos y la Unión Soviética. Las órbitas de la mayoría de estos

satélites se encuadran en cuatro categorías: (1) órbitas bajas, prácticamente circulares, con un período de unos 100 minutos y una altitud que va desde un centenar hasta varios miles de kilómetros; (2) órbitas geosincrónicas, en las que el satélite gira alrededor de la tierra al compás de la rotación de la misma y permanece fijo sobre un punto determinado del ecuador, a unos 36.000 kilómetros de altura; (3) órbitas altamente elípticas, que descienden hasta escasos centenares de kilómetros en su cota más baja sobre el hemisferio sur y se elevan hasta alcanzar su cénit, a unos 40.000 kilómetros, sobre el hemisferio norte, y (4) órbitas sincrónicas, que son prácticamente circulares en un plano inclinado y con una altitud de alrededor de 20.000 kilómetros [*véase la figura 3*].

La altitud del satélite tiene que ver con la misión que le haya sido encomendada. Desde una órbita baja el satélite alcanza la visión más detallada de la superficie terrestre, pudiendo también llegar a detectar débiles señales electrónicas procedentes de la tierra, del mar o del aire. En consecuencia, los satélites de fotorreconocimiento y de vigilancia oceánica, y la mayoría de los de inteligencia electrónica, se sitúan en órbitas bajas. Si se les encomienda vigilar extensas zonas o comunicar con una estación fija en tierra, es preferible una órbita sincrónica. Los satélites norteamericanos con sensores diseñados para proporcionar una alerta precoz de lanzamiento de un misil soviético ocupan tales órbitas, así como la práctica totalidad de los satélites de comunicaciones de Estados Unidos.

Dado que la Unión Soviética cuenta con importantes instalaciones en la región ártica, donde es difícil alcanzar una clara línea de visión para un satélite sincrónico situado sobre el ecuador, los rusos han recurrido a órbitas altamente elípticas para muchos de sus satélites de comunicaciones de la clase Molniya y de alerta precoz. Los satélites del sistema norteamericano de datos sobre satélites (Satellite Data System, SDS), que tienen encomendadas las comunicaciones con fuerzas desplegadas en el Artico, están situados en órbitas semejantes. Un satélite instalado en una órbita de ese tipo, y cuyo cénit se halle a grandes altitudes sobre el hemisferio septentrional, permanece visible para su estación terrestre por espacio de ocho o más horas de su período de doce.

Otra importante misión militar a la que contribuyen los satélites es la de lograr una navegación global más precisa. Los primeros satélites de navegación global ocupaban órbitas bajas, pero el sistema norteamericano de posición global (Global Positioning System, GPS), más perfeccionado, y otros sistemas soviéticos semejantes se están desplegando ahora a unos 20.000 kilómetros, altitud en la que basta con un número relativamente reducido de satélites (18 o 24) para tener simultáneamente cuatro de ellos al alcance de la vista desde cualquier punto de la tierra. El sistema integrado de detección nuclear a bordo (Integrated Onboard Nuclear Detection System, IONDS), para detectar y localizar explosiones nucleares, también correrá a cargo de instrumentos transportados en satélites GPS.

Aunque los satélites militares de Estados Unidos y de la Unión Soviética tienen encomendadas misiones muy similares, presentan entre sí diferencias que afectan a su eventual vulnerabilidad ante las armas antisatélites. Estados Unidos ha ido siempre por delante en el campo de la microelectrónica y en otras tecnologías avanzadas, de ahí que los satélites norteamericanos sean mucho más refinados, más seguros y de más larga vida que sus adversarios soviéticos. La longevidad reviste particular importancia para los satélites de grandes altitudes, por los elevados costos a que obliga situarlos en las mismas. Por esa razón, Estados Unidos se ha esforzado en abarcar, con un menor número de redes de satélites, una amplia diversidad de funciones y en sacarles mayor rendimiento con sustituciones menos frecuentes. Aunque algunos satélites militares norteamericanos están aún situados en bajas órbitas, lo que los hace potencialmente vulnerables al actual sistema antisatélite soviético, la mayoría de los satélites de Estados Unidos se mueven en órbitas fuera de su alcance.



1. ARMA ANTISATELITE NORTEAMERICANA. Se ha diseñado para lanzarla al espacio desde un caza F-15 en vuelo a gran altura. El cohete que transporta el vehículo de aproximación miniaturizado aparece en esta fotografía en uno de los primeros ensayos, realizado para demostrar la compatibilidad del misil con el avión nodriza que lo alberga. La enseña que se aprecia en la cola del aparato indica la misión contra satélites del sistema de armas.

Por su parte, los satélites militares de la Unión Soviética ocupan fundamentalmente órbitas bajas; tienen, asimismo, una vida más breve. Probablemente esta circunstancia no sólo sea exponente de opciones operativas, sino también de deficiencias tecnológicas. Este último factor lo sugieren informes de que se produjeron fallos que impidieron a los soviéticos controlar las fases críticas del reciente conflicto de las Malvinas, a pesar de la gran atención que han venido prestando a los satélites de vigilancia oceánica. En cuanto a su vulnerabilidad ante las armas antisatélites, gran parte de la flota soviética de satélites se ve amenazada por la generación actual de armas antisatélites de baja altura, aunque el fuerte ritmo a que la Unión Soviética lanza satélites sustitutivos obvia en cierta medida ese punto débil.

Funcionarios y publicaciones del Departamento de Defensa de Estados Unidos han afirmado reiteradamente que la mayor frecuencia de los lanzamientos de satélites soviéticos demuestra que el programa espacial militar de la Unión Soviética es mucho más amplio que el norteamericano. Pero la disparidad de dichos intervalos entre una y otra potencia ha de ser atribuida a la más corta vida de los satélites soviéticos. De igual modo, muchas de las comparaciones que se hacen del peso bruto puesto en órbita ignoran la lanzadera espacial norteamericana. Con sólo dos vuelos de la lanzadera se sobrepasan los 300.000 kilogramos que viene poniendo en órbita cada año la Unión Soviética. También hay que tener gran precaución al considerar las comparaciones basadas en los gastos que se dedican a ambos programas espaciales. Con un razonamiento así se llegaría a la conclusión de que la Unión Soviética produce más alimentos que Estados Unidos.

Los satélites militares desempeñan papeles muy diferentes en tiempos de paz, en caso de pequeños conflictos o en una confrontación nuclear. En tiempos de paz, los satélites de baja órbita de fotorreconocimiento, de vigilancia oceánica y de información electrónica proporcionan datos fundamentales para el control de armamentos y para la información militar rutinaria. Si sobreviniese una crisis, estos satélites serían de gran valor para mantenerla controlada, pero tan pronto como comenzasen las hostilidades no nucleares asumirían un doble papel, al reforzar la eficacia de los combatientes. Llegado el momento de que una crisis política o un pequeño conflicto armado corriesen el peligro de provocar un enfrentamiento estratégico nuclear, los satélites de gran altitud cumplirían esa doble función: constituirían importantes factores de disuasión y serían bazas de especial valor para las fuerzas estratégicas si el enfrentamiento fuera inevitable.

PRUEBA	FECHA	INTERCEPTOR (NUMERO COSMOS)	ALTITUD DE INTERCEPCION (KILOMETROS)	ORBITAS PARA INTERCEPCION	RESULTADO DE LAS PRUEBAS
1	20 OCT. 1968	249	525	2	FRACASO
2	1 NOV. 1968	252	535	2	EXITO
3	23 OCT. 1970	374	530	2	FRACASO
4	30 OCT. 1970	375	535	2	EXITO
5	25 FEB. 1971	397	585	2	EXITO
6	4 ABR. 1971	404	1,005	2	EXITO
7	3 DIC. 1971	462	230	2	EXITO
8	16 FEB. 1976	804	575	1	FRACASO
9	13 ABR. 1976	814	590	1	EXITO
10	21 JUL. 1976	843	1,630	2	FRACASO
11	27 DIC. 1976	886	570	2	FRACASO
12	23 MAYO 1977	910	1,710	1	FRACASO
13	17 JUN. 1977	918	1,575	1	EXITO
14	26 OCT. 1977	961	150	2	EXITO
15	21 DIC. 1977	970	995	2	FRACASO
16	19 MAYO 1978	1,009	985	2	FRACASO
17	18 ABR. 1980	1,174	1,000	2	FRACASO
18	2 FEB. 1981	1,243	1,005	2	FRACASO
19	14 MAR. 1981	1,258	1,005	2	EXITO
20	18 JUN. 1982	1,379	1,005	2	FRACASO

2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS del sistema de armas antisatélites adoptado por la Unión Soviética, resumidos aquí. La proporción global de éxitos del sistema ha sido del 45 por ciento (nueve interceptaciones en 20 intentos). En las pruebas realizadas con el primitivo ingenio de aproximación dirigido por radar, el arma ha obtenido una proporción de éxitos del 50 por ciento en las interceptaciones en primera órbita y del 70 por ciento en las interceptaciones en segunda órbita, con una tasa neta de éxitos del 64 por ciento. La totalidad de las seis pruebas registradas con el sensor óptico/infrarrojo, más complejo, se ha saldado con fracasos (*líneas en color*). El ritmo de realización de las pruebas y las órbitas escogidas para el interceptor permiten deducir que el arma soviética antisatélite podría estar pensada, no para atacar satélites norteamericanos, sino chinos. Datos de Nicholas Johnson en *The Soviet Year in Space: 1982*.

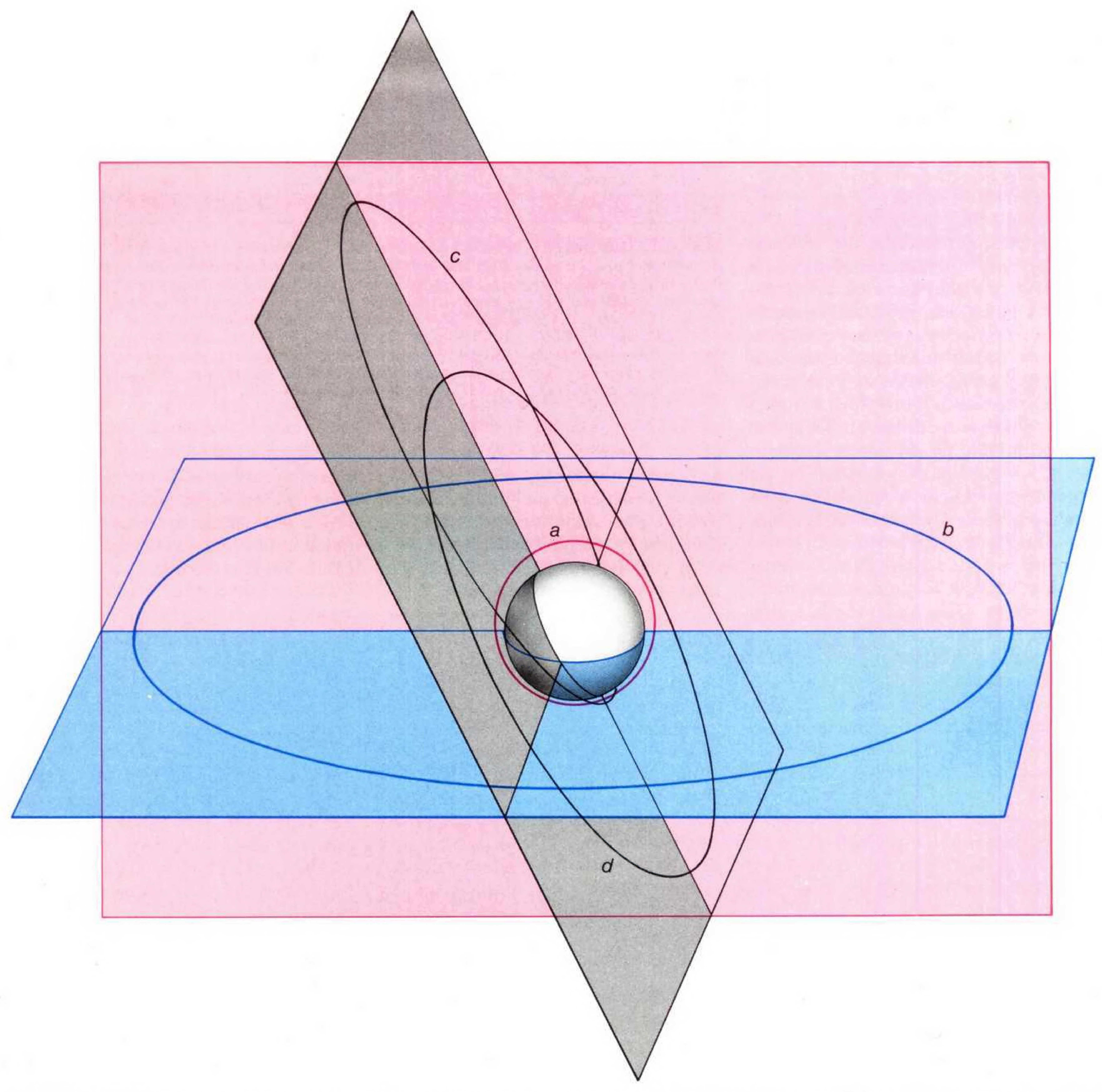
Todas las armas antisatélites desplegadas o con las que se están haciendo pruebas en tierra alcanzan una altitud máxima de algunos miles de kilómetros, si no menor. Por ello, solamente podrían atacar satélites situados en órbitas bajas o en órbitas muy elípticas. Dado que los satélites para la alerta precoz, la navegación, la evaluación del ataque y las comunicaciones, esenciales para las fuerzas estratégicas estadounidenses, se mueven en órbitas muy elevadas, no correrán ningún riesgo en un futuro próximo. La Unión Soviética se enfrenta, en cierto modo, a una amenaza potencial mayor: algunos de sus satélites esenciales para las comunicaciones, y todos los de alerta temprana, están situados en órbitas Molniya altamente elípticas.

¿Qué impacto puede tener la actual generación de armas antisatélites sobre la estabilidad de la crisis? En una guerra nuclear total, los sistemas instalados en el espacio y destinados a la dirección, al control, a las comunicaciones y la información (command, control, communications and intelligence; C^3I) se verían seriamente amenazados, existiesen o no armas antisatélites, puesto que las instalaciones para las comunicaciones situadas en el aire o en tierra y los centros de control se mostrarían sumamente vulnerables ante un ataque nuclear. Las partes del sistema C^3I que resultan esenciales para las fuerzas estratégicas de cada parte son hoy por hoy en gran medida inmunes a los ataques contra satélites; los satélites de baja órbita que sobrevivan a tales ataques serían de dudosa utilidad en medio de la gran destrucción que habría provocado en tierra el enfrentamiento nuclear. De todo ello se desprende que las capacidades contra satélites susceptibles de ser operativas en esta década tendrán escaso impacto sobre las posibilidades de las superpotencias para ganar una guerra nuclear total, sin que importe lo que entendamos exactamente por "total".

Sin embargo, la capacidad de respuesta contra satélites a baja altura podría incidir de una manera poderosa sobre las perspectivas de contención de conflictos armados de escala limitada, incluidas las hostilidades en las que pudiese verse envuelto un pequeño número de armas nucleares. Los satélites de baja órbita van alcanzando progresiva-

mente un grado de complejidad cada vez mayor, al igual que va aumentando su capacidad de proporcionar en cualquier circunstancia meteorológica información precisa, de una calidad y cobertura sin precedentes. Ni con buques, ni aviones o misiles podrá conseguirse el adecuado sustitutivo de los sistemas desplegados en el espacio. De esa capacidad de destruir satélites militares de baja órbita y del temor de que el adversario ataque en cualquier momento los satélites propios podría, en consecuencia, derivarse una irreprimible tentación de hacer desaparecer los satélites enemigos. Por tanto, esa capacidad de destruir con rapidez los satélites de baja órbita podría alimentar el fuego de una crisis política o de un conflicto a pequeña escala que, de no existir armas antisatélites, se hubieran resuelto diplomáticamente. Puesto que comúnmente se cree que lo más probable, en caso de guerra nuclear, es que ésta comience por un conflicto de pequeña escala, parece claro que la actual generación de armas antisatélites es algo más que un pequeño peligro en un mundo ya de por sí muy amenazado.

Un arma contra satélite ataca de muy diversos modos a su blanco. El actual arma soviética antisatélite es



3. ORBITAS TIPICAS que describen los satélites militares de Estados Unidos y de la Unión Soviética. Se han representado a escala en un juego de planos que se cortan y permiten distinguir sus características. Los satélites cuya misión les exige moverse en órbitas relativamente bajas (entre 150 y 2000 kilómetros) tienden a ser más o menos circulares y polares, con un período de unos 100 minutos y una inclinación de entre 65 y 115 grados con respecto al ecuador (*a*). Los satélites de órbita geosincrónica giran alrededor de la tierra a unos 36.000 kilómetros de altitud y permanecen en un punto fijo sobre el ecuador (*b*). Los satélites de órbita altamente elíptica, con una inclinación típica de unos 63 grados, descienden en su punto más bajo hasta unos pocos centenares de kilómetros de altura sobre el hemisferio sur y alcanzan su cénit a unos 40.000 kilómetros, sobre el hemisferio norte (*c*). Los satélites en órbita semisincrónica suelen seguir una ruta prácticamente circular, a unos 20.000 kilómetros de altura y con una inclinación de entre 63 y 65 grados (*d*).

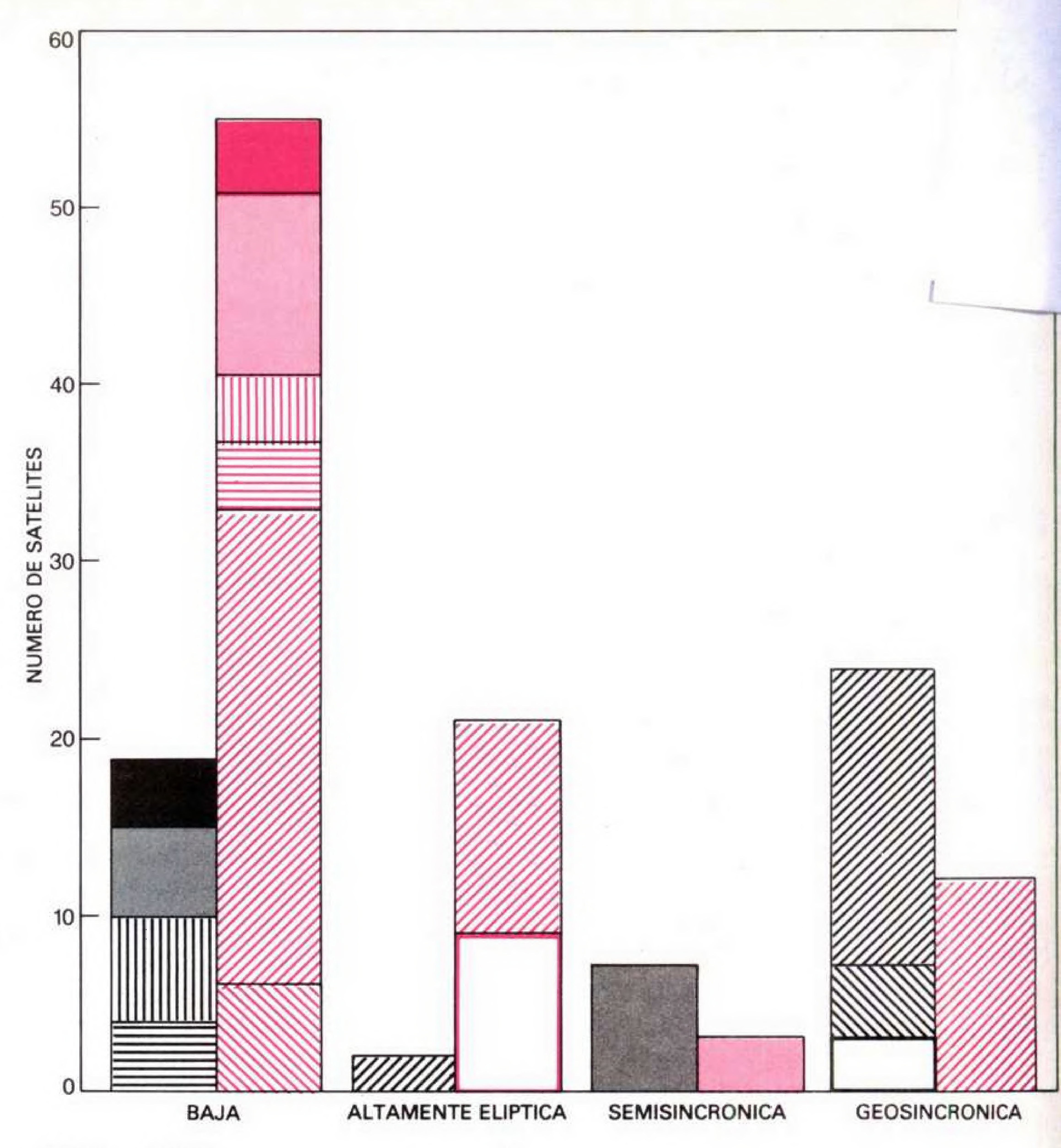
un interceptor coorbital: se le lanza hacia una órbita semejante a la de su objetivo y, cuando se acerca a éste, explosiona en una nube de metralla. El arma antisatélite norteamericana es un interceptor de ascensión directa: se le proyecta hacia el camino del satélite que constituye su objetivo por medio de un cohete, que un avión carga a su vez hasta una gran altitud. La destrucción se produce por impacto directo. No hay explosión.

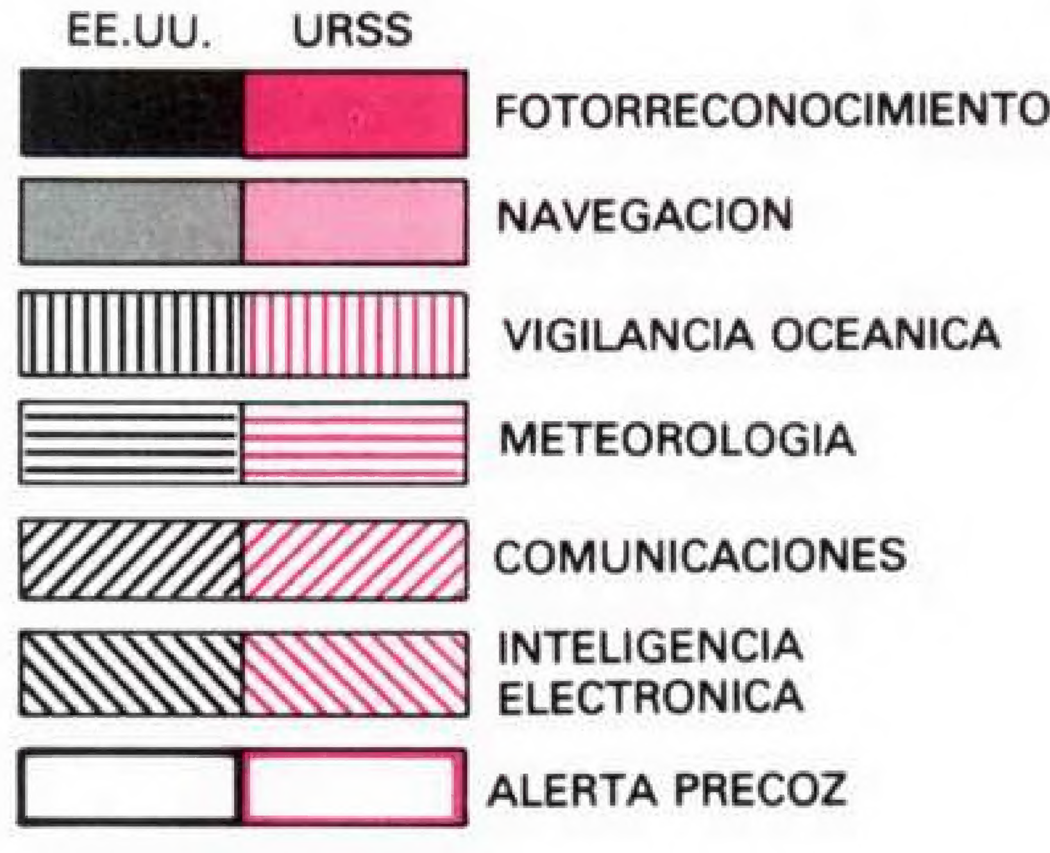
Se han anticipado otras armas contra satélites; por su especial importancia, merece la pena detenerse en dos de ellas. La primera es una mina espacial: un pequeño satélite que, armado de una carga explosiva, acompañaría a su víctima en potencia durante semanas o meses, y que se dispararía por control remoto. La segunda es un sistema láser, que puede instalarse en tierra, en la atmósfera o en el espacio.

Ninguna de esas armas es nuclear. Tanto Estados Unidos como la Unión Soviética podrían también recurrir a misiles con carga nuclear como armas antisatélites, pero su utilización entrañaría graves perjuicios: se traspasaría el umbral nuclear en un momento crítico y se provocaría un impulso electromagnético que podría suponer un corte en el sistema de comunicaciones propio.

La actual arma soviética antisatélite se introdujo en 1968. La pone en órbita un SS-9, un enorme misil balístico intercontinental de combustible líquido, cuyo despliegue empezó en los años sesenta. El interceptor pesa por sí solo más de 2000 kilogramos y mide unos seis metros. En todas las pruebas efectuadas, dicha arma antisatélite se ha lanzado desde Tyuratam, en la República de Kazakistán, hacia órbitas con una muy ligera diferencia de inclinaciones: entre 62 y 65 grados con respecto al ecuador. Desde Plesetsk, en el noroeste de la Unión Soviética, y hacia órbitas con la misma ligera diferencia de inclinaciones, se han lanzado satélites diana. La interceptación se produce una vez que el arma antisatélite ha dado una o dos vueltas en torno a la tierra, en un punto en el que su órbita se cruza con la de su objetivo. El arma antisatélite se acerca a su objetivo guiada por un dispositivo de aproximación que lleva a bordo: un radar activo o un sensor pasivo óptico o de infrarrojos.

La ausencia de variaciones de la inclinación orbital en el programa de pruebas soviético y el hecho de que existan tan pocos satélites norteamericanos con esas inclinaciones han llevado a especular si el arma soviética





4. DISTRIBUCION TIPICA de los satélites militares desplegados por Estados Unidos y la Unión Soviética en un momento cualquiera, desglosada en las columnas de este cuadro, en razón de dos factores: altitud de la órbita y misión. Los únicos satélites potencialmente amenazados por la actual generación de armas antisatélites son los de órbita baja, representados en las dos primeras columnas.

contra satélite no tendría como misión atacar satélites chinos más que satélites americanos. Existe, en efecto, un notable paralelismo entre los lanzamientos y las órbitas de los satélites chinos y el programa de pruebas soviético.

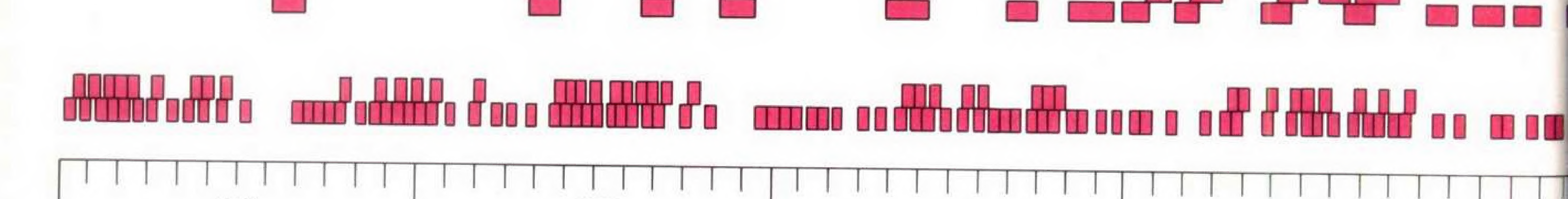
Cierto número de observadores cualificados (militares estadounidenses incluidos) han elaborado informes pormenorizados sobre el programa de pruebas soviético. Según esas fuentes, la Unión Soviética ha llevado a cabo una veintena de pruebas desde 1968 (la más reciente tuvo lugar el 18 de junio de 1982, como parte de un ejercicio estratégico que comprendía una diversidad de misiles balísticos y dos interceptores de misiles antibalísticos; la prueba antisatélite fracasó). La primera serie, que se realizó entre 1968 y 1971, se basaba en un radar activo para alcanzar el objetivo, después de dos órbitas. Desde 1976, la Unión Soviética ha explorado dos nuevas técnicas. Una de ellas permite un acercamiento más rápido con el dispositivo de aproximación dirigido por radar; la interceptación se intenta en la primera órbita. La otra busca la interceptación después de dos órbitas por medio de un dispositivo de aproximación óptico e infrarrojo. Este segundo sistema ha fallado en la totalidad de las seis pruebas, mientras que el acercamiento rápido por medio del dispositivo de aproximación de radar ha dado resultados positivos en dos de los cuatro intentos. La primera serie de pruebas, de 1968 a 1971, alcanzó resultados positivos en un 70 por ciento.

Aunque la versión soviética diseñada

EE.UU.



URSS



5. **LA COBERTURA PERMANENTE por reconocimiento fotográfico la logran de modo muy diferente Estados Unidos y la Unión Soviética. En general, los satélites militares norteamericanos son mucho más complejos, de más perfecto funcionamiento y de más larga vida que sus adversarios soviéticos, de lo que se deriva que Estados Unidos necesita muchos menos satélites para mantener el mismo grado de cobertura. En esta ilustración, que cubre el período de 1978 a 1983, los satélites norteamericanos de fotorreconocimiento se representan en gris y los soviéticos en color. El comienzo de cada barra señala la fecha en que se lanzó el satélite y su terminación señala la de su retorno a la tierra o la de su cese de operatividad. En la ilustración se incluyen todos los satélites de fotorreconocimiento de una y otra parte que han tenido una vida eficaz de tres o más semanas. La ilustración ha sido elaborada por los edito-**

en 1968 parece ser bastante fiable, pueden oponérsele diversas contramedidas, como interferencias o desviaciones provocadas en el dispositivo de aproximación por radar o maniobras de evasión tan pronto se haya detectado el lanzamiento, pues la interceptación requiere unas tres horas. Las técnicas de aproximación y de maniobra efectuadas en los últimos ensayos han dado muy pobres resultados.

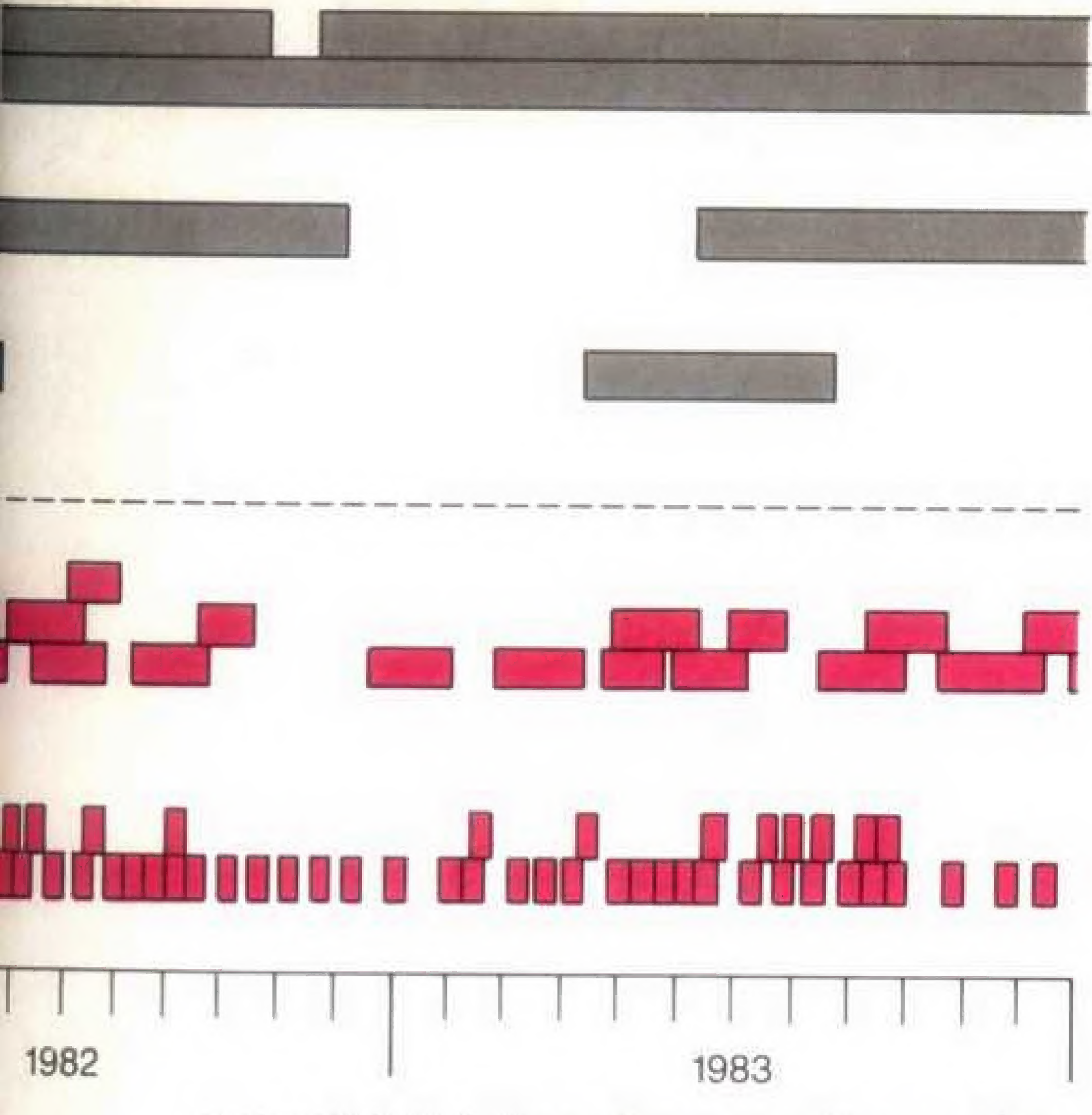
Aparte de estos defectos de funcionamiento, el sistema soviético contra satélites arrastra la rémora de imperfecciones en su concepción. En primer lugar, sólo puede atacarse un satélite si la ruta de su desplazamiento en tierra está próxima al lugar del lanzamiento del arma antisatélite. Esta condición se da en el caso único de que se trate de órbitas cuya inclinación sea más elevada que la latitud de dicho lugar de lanzamiento, lo cual a su vez sólo ocurre dos veces al día; y ello obliga a tener que esperar unas seis horas, por término medio, para intentar abatir el satélite en cuestión. En segundo lugar, la propia arma antisatélite necesita, por su gran tamaño y peso, un potente cohete que la impulse; sólo pueden lanzarse éstos desde un reducido número de instalaciones de las existentes en suelo soviético. En tercer lugar, no es fácil lanzar esos potentes cohetes impulsados con combustible líquido en una secuencia rápida desde un solo lugar de lanzamiento. Finalmente, y en cuarto lugar, la altitud máxima alcanzada en las pruebas soviéticas (unos 2400 kilómetros) está muy por debajo de las órbitas de los importantes satélites norteamericanos de navegación, alerta precoz y comunicaciones.

Considerados en bloque, esos factores permiten estimar que la fuerza contra satélites de la Unión Soviética tardaría por lo menos una semana en destruir los satélites norteamericanos a su alcance. Si se tratase de atacar satélites situados a 20.000 o más kilómetros, se precisaría un cohete impulsor aún más potente y, a juzgar por los resultados que ofrecen las pruebas realizadas, no parece probable que el arma antisatélite consiga una capacidad de maniobra y de dirección hacia su objetivo que le permitan interceptarlo a esas altitudes.

Puede concluirse, pues, que el actual sistema soviético contra satélites representa, para Estados Unidos, una amenaza que hay que matizar, nada flexible y bastante limitada. En términos similares se expresó ante el Senado de los Estados Unidos el Jefe del Estado Mayor del Aire, general Lew Allen, Jr., el 11 de julio de 1979: "Creo que la opinión general que tenemos es que hay que darles una muy dudosa capacidad operativa y para un reducido número de lanzamientos. En otras palabras, se trata de una amenaza que nos preocupa, pero no han desarrollado un programa de pruebas que pueda hacernos creer que se trata de una amenaza creíble". Nada importante se ha producido desde entonces en el programa de pruebas soviético que pueda hacer cambiar esta apreciación de 1979.

El arma antisatélite norteamericana de ascensión directa se lanza por medio de un cohete, cuyo reducido tamaño permite transportarla en un caza F-15. Este cohete de dos fases impulsa un instrumento, denominado vehículo de aproximación miniaturizado, hacia la trayectoria del satélite que constituye el objetivo, de acuerdo con las informaciones proporcionadas por la red terrestre de seguimiento de trayectorias de satélites. El vehículo de aproximación es un objeto cilíndrico que mide unos 30 centímetros de diámetro y pesa alrededor de 15 kilogramos. La aproximación se consigue mediante la acción combinada de ocho telescopios infrarrojos, un equipo de impulsores y un giroscopio láser. Los sensores infrarrojos perciben el objeto en el frío telón de fondo del espacio. La estabilidad se logra por rotación del cilindro; el giroscopio determina cuándo hay que poner en acción los impulsores para llevar el cilindro hasta la trayectoria de su objetivo. El choque se produce a gran velocidad y basta por sí solo para destruir el objetivo, aunque en la aproximación sólo se toleran errores minúsculos.

No se ha hecho público qué altura máxima puede alcanzar el arma antisatélite norteamericana. Pero, en una declaración ante el Congreso, se reveló que los objetivos prioritarios para el Estado Mayor Conjunto eran aquellos satélites cuyos objetivos fueran a su vez las fuerzas norteamericanas, presumiblemente satélites de fotorreconocimiento y de vigilancia oceánica, instalados en torno a los 500 kilómetros, o por debajo de esa cota.



res, a partir de informaciones recogidas por el Instituto Internacional de Estocolmo de Investigaciones para la Paz (SIPRI). Los autores del artículo no responden de la exactitud de los datos reflejados en ella y, por tanto, no son responsables de la misma. (Los dibujos son obra de George V. Kelvin.)

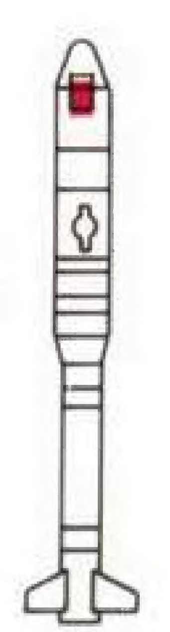
La primera prueba en vuelo del nuevo sistema antisatélite norteamericano tuvo lugar el 21 de enero de 1984. Según el Departamento de Defensa, un F-15 lanzó un cohete hacia un punto del espacio, pero sin llevar a bordo ningún vehículo de aproximación miniaturizado. Se prevé que en posteriores pruebas se incluya el propio interceptor de aproximación. El actual programa de pruebas se verá culminado, según se ha afirmado, con lanzamientos contra globos puestos en órbita a modo de objetivos. Está previsto que el sistema alcance capacidad operativa en 1987. Los planes originarios preveían el estacionamiento de dos escuadrones de F-15 especialmente equipados en las bases aéreas de McChord (Washington) y Langley (Virginia).

El tamaño notablemente reducido del vehículo de aproximación miniaturizado hace al sistema antisatélite norteamericano, en su completa explotación, mucho más versátil que el actual sistema soviético. En principio, puede adaptarse cualquier F-15 para transportar el arma antisatélite. Además, con aviones de transporte (o repostando en vuelo el F-15) podría conducirse el arma antisatélite hasta cualquier punto de ataque en el mundo. Si Estados Unidos realizase las necesarias inversiones en bases e instalaciones, podría alcanzar una fuerza capaz de destruir todos los satélites soviéticos de baja órbita en cuestión de horas. También podrían verse amenazados los satélites Molniya situados en órbitas altamente elípticas, pero es de suponer que la Unión Soviética situaría antes en órbitas más seguras sus satélites de alerta precoz y de comunicaciones.

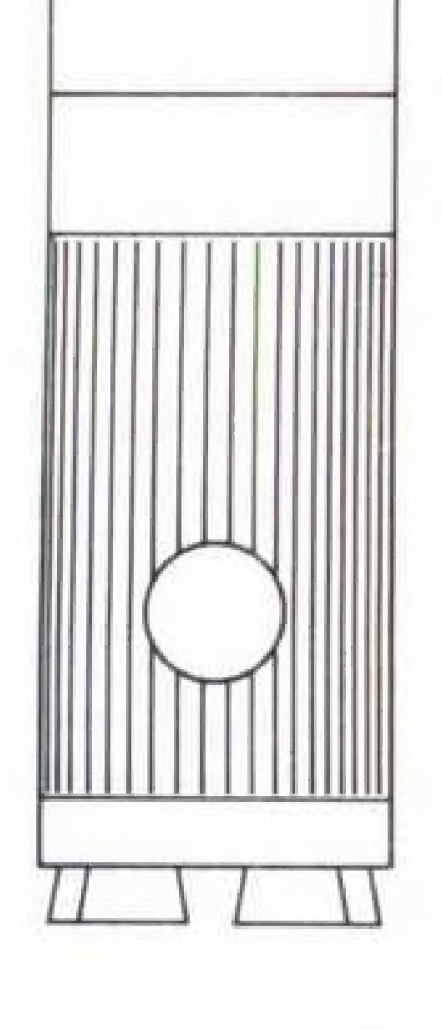
Además de las armas antisatélites ya desplegadas o en vías de serlo, se esperan como mínimo otros dos tipos, para la próxima década. El ingenio más eficaz y de más fácil desarrollo parece ser la mina espacial. En principio, podría suponer una amenaza para todo tipo de satélites en órbita. Podría mantenerse estacionada durante largos períodos, siempre aparcada tan cerca que su detonación destruyera a la víctima. Podría incluso hacerse explotar por contacto. Pero el grado de refinamiento de una mina espacial dependerá del tipo de satélite al que acompañe. Un satélite de escasa capacidad de maniobra podría destruirse con una mina espacial bastante simple. Si el satélite que constituye el objetivo lleva sensores a bordo y puede maniobrar eficazmente, la mina tendrá que ser un ingenio refinado, tal vez más complejo que los actuales interceptores antisatélites, pero resultará siempre más barata que su blanco.

Son también de prever armas antisatélites que exploten rayos de "energía dirigida". En efecto, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada para la Defensa ha lanzado un programa de pruebas cuyos dos principales componentes son un láser químico infrarrojo de dos megawatt y un refinado sistema de seguimiento y señalización, que podrían constituir, juntas, la base de un sistema antisatélite aerotransportado. Otras ideas con las que se especula en el campo de la energía dirigida, con la vista puesta en la defensa por misiles balísticos con base en el espacio, podrían también tener importantes posibilidades en un futuro más lejano.

Tras esta panorámica de la tecnología contrasatélite, podemos ya someter a valoración las amenazas que en el futuro representarán esas armas en un amplio abanico de hipótesis. Por mor de claridad, vamos a orientar nuestra







6. COHETES empleados para lanzar las armas antisatélites actuales de Estados Unidos y de la Unión Soviética; aparecen aquí en términos comparativos. El cohete norteamericano de dos fases, que se lanzó por vez primera desde un caza F-15 el pasado mes de enero, mide alrededor de cinco metros; la carga que transporta (el vehículo de aproximación no explosivo) mide unos 30 centímetros y pesa unos 15 kilogramos. El soviético, de tres fases, es un misil SS-9 modificado, de combustible líquido, cuyo despliegue comenzó en los años 60 para ser luego retirado de las fuerzas nucleares estratégicas. Mide unos 45 metros de longitud; la carga que transporta (la ojiva explosiva contrasatélites y su instrumental de maniobra) abarca unos seis metros, y pesa más de 2000 kilogramos.

visión hacia dos futuros diferentes: suponemos el primero sin ningún tipo de acuerdo negociado de limitación del desarrollo de armas antisatélites; el segundo, un futuro en el que estarían prohibidas todas las pruebas en vuelo de armas antisatélites.

Dadas las características del sistema antisatélite norteamericano, en un escenario de ausencia de limitaciones es muy verosímil que a finales de la década todos los satélites de baja órbita estén amenazados de destrucción rápida y simultánea. Para entonces, podría haber minas espaciales siguiendo a los satélites geosincrónicos y existir armas antisatélites dotadas de láser para atacar a los satélites de gran altitud.

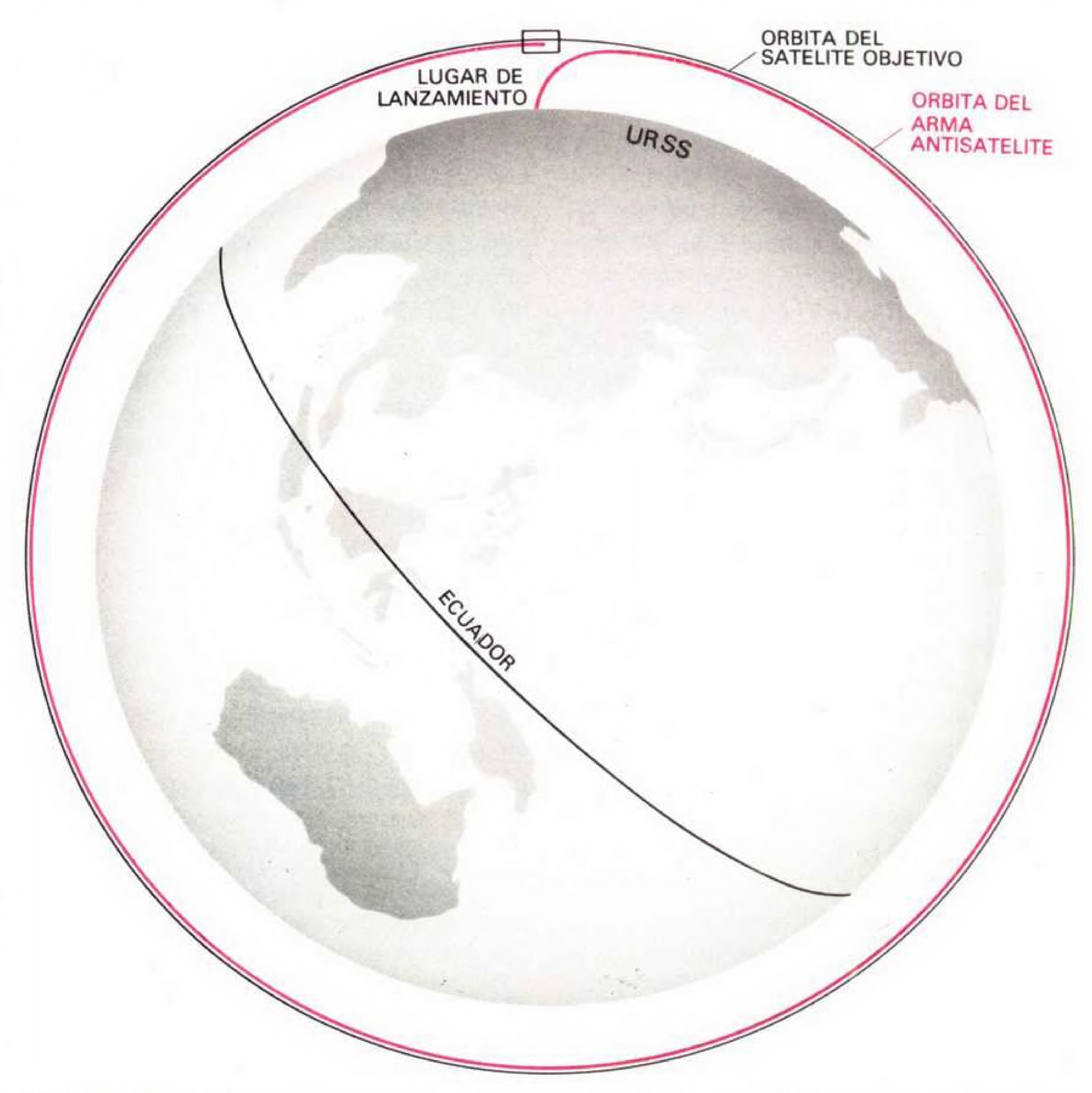
Paralelamente al aumento de las amenazas contra los satélites se dedicaría un esfuerzo cada vez mayor a la protección de los mismos, dotándolos de equipos de a bordo para evaluar las amenazas, aparatos para provocar interferencias en las comunicaciones, despliegues de trampas y cebos e impulsores aún más potentes, equipos todos ellos que les permitirían sobrevivir a algunos ataques, aunque la protección contra rayos láser intensos sería, en el mejor de los casos, difícil. Pero, sobre todo, habría que diversificar las funciones de los satélites, de modo que no podría seguir Estados Unidos confiando plenamente en un reducido número de muy complejos satélites multiusos. Por las mismas razones, habría que estar en posición de remplazar rápidamente los satélites de especial valor. Un plan tan complicado como ese sería muy costoso, si no inútil. Un satélite con una misión de vigilancia sutil o comunicaciones es intrínsecamente frágil y caro; nunca competirá con un ingenio más simple y barato, cuya única misión es destruirlo.

Si la fuerza antisatélite se convierte en una amenaza apremiante, habría que depositar mayor confianza en sistemas de apoyo: cohetes de sondeo e instalaciones C^3I. Avanzar en esa dirección supondría una desventaja para Estados Unidos, país que tiene sus fuerzas militares repartidas por todo el mundo, cuya seguridad descansa, de modo muy especial, en sistemas instalados en el espacio. (Alrededor del 70 por ciento de las comunicaciones militares norteamericanas a larga distancia se efectúan por satélite.) Por su parte, la Unión Soviética, potencia fundamentalmente continental, tiene una compleja red de comunicaciones instaladas en tierra y en el espacio. En opinión de algunos expertos, entre ellos Stephen M. Meyer, del Instituto de Tecnología de Massachusetts, los soviéticos consideran sus satélites de comunicaciones un apoyo más de su sistema terrestre.

Volviendo a las implicaciones políticas y militares de la carrera, ya hemos señalado que una amenaza real contra los satélites reduciría las posibilidades de que pudiesen mitigarse crisis y conflictos de todo nivel. Disponer de fuerza antisatélite contra satélites geosincrónicos tendría aún consecuencias más graves, pues aumentarían las posibilidades de un conflicto estratégico y podría darse al traste con algunos elementos esenciales del sistema que controlaría una guerra nuclear estratégica. Además de esos riesgos, la competencia en armamentos espaciales comportaría riesgos en sí misma. En una era de feroz lucha tecnológica, marcada por numerosas pruebas contra objetos en el espacio, hay que prever accidentes y sucesos poco claros, en los que se verán involucradas valiosas naves espaciales de uno o de ambos competidores. Existe, pues, un serio riesgo de que una carrera sin límites en armamentos espaciales pueda acarrear graves crisis, e incluso un conflicto armado.

En el segundo escenario, en el que estarían prohibidas las pruebas en vuelo de armas antisatélites, la Unión Soviética continuaría con su sistema de muy limitada capacidad contra satélites de baja órbita. Estados Unidos tendría un sistema potencialmente superior contra los mismos objetivos. Aunque aún se hallaría en fase de desarrollo, el sistema norteamericano podría desplegarse con operatividad en unos pocos años. En esa situación, Estados Unidos tendría las manos libres para mejorar la seguridad de sus satélites de baja órbita, diversificando sus funciones y aumentando su capacidad de maniobra y, si fuese preciso, podría instalar a bordo instrumentos destinados a provocar interferencias en radares. En esas circunstancias, la capacidad soviética contra satélites sería modesta, y sus posibilidades reales sufrirían un desgaste en ausencia de pruebas, mientras que la flota norteamericana de satélites se iría fortaleciendo progresivamente.

Cabe plantearse si contar con una capacidad contra satélites de baja órbita reviste una importancia tan apremiante para los militares estadouniden-



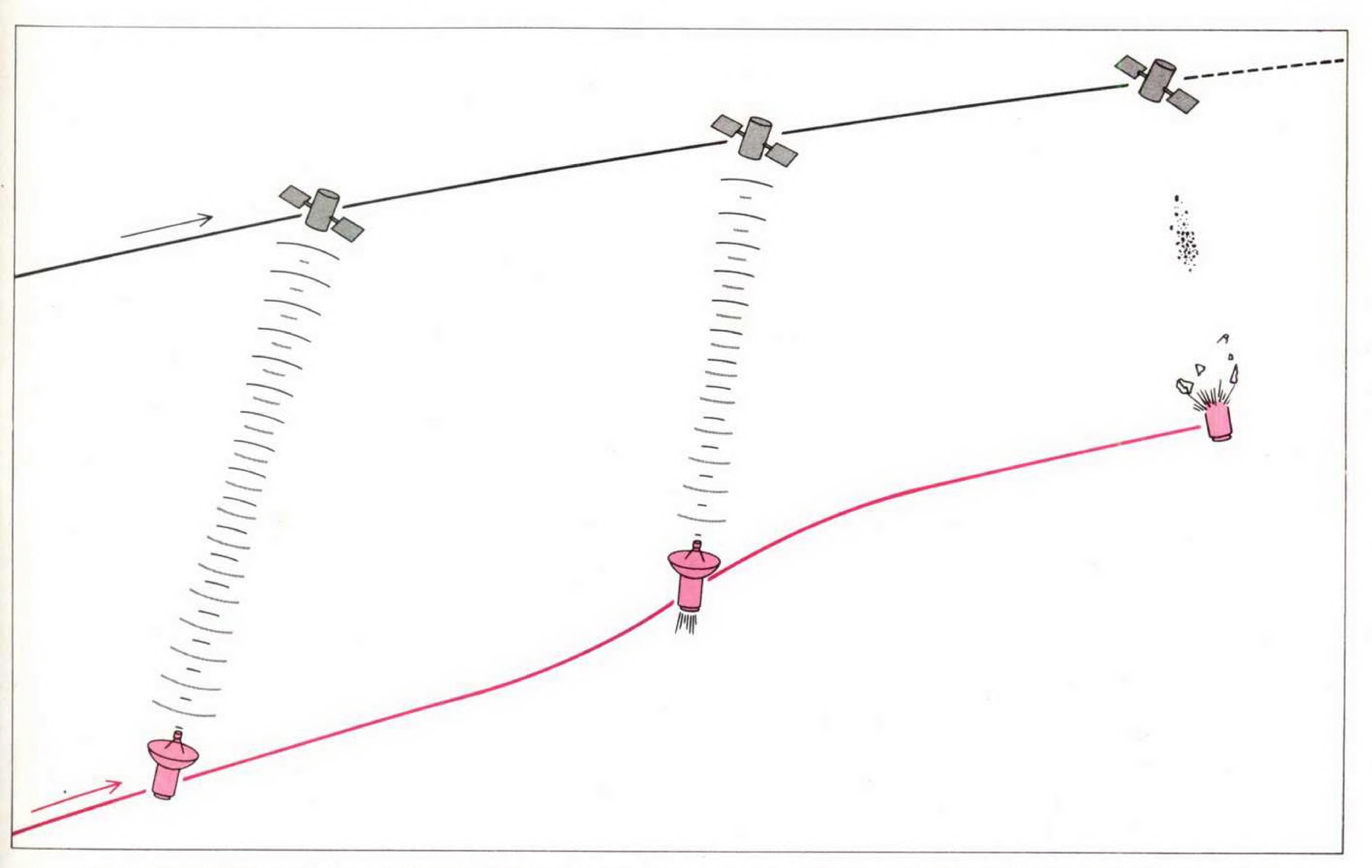
7. INTERCEPTACION ORBITAL, forma de ataque adoptada por la Unión Soviética para su sistema antisatélites. Se lanza el arma hacia una órbita prácticamente idéntica a la descrita por su objetivo, aunque un poco más alta o un poco más baja. En este caso, el arma antisatélite se halla en una órbita ligeramente inferior; es ella quien atrapa el objetivo, no a la inversa. En las fases finales del encuentro, el

ses, hasta el punto de hacerles ignorar los objetivos a largo plazo de estabilidad de la crisis y de la carrera de armamentos. Habrá que examinar, antes de contestar, qué objetivos se le señalan al arma norteamericana antisatélite. El primero lo constituye la propia arma soviética antisatélite. Pero no se trata de un objetivo verosímil: los soviéticos podrían desplegar, en las proximidades de su arma antisatélite y durante el breve tiempo en que permanece en el espacio, una serie de trampas en cadena que confundiría al interceptor norteamericano. Además, el interceptor soviético podría maniobrar para escapar del vehículo norteamericano que se aproximase.

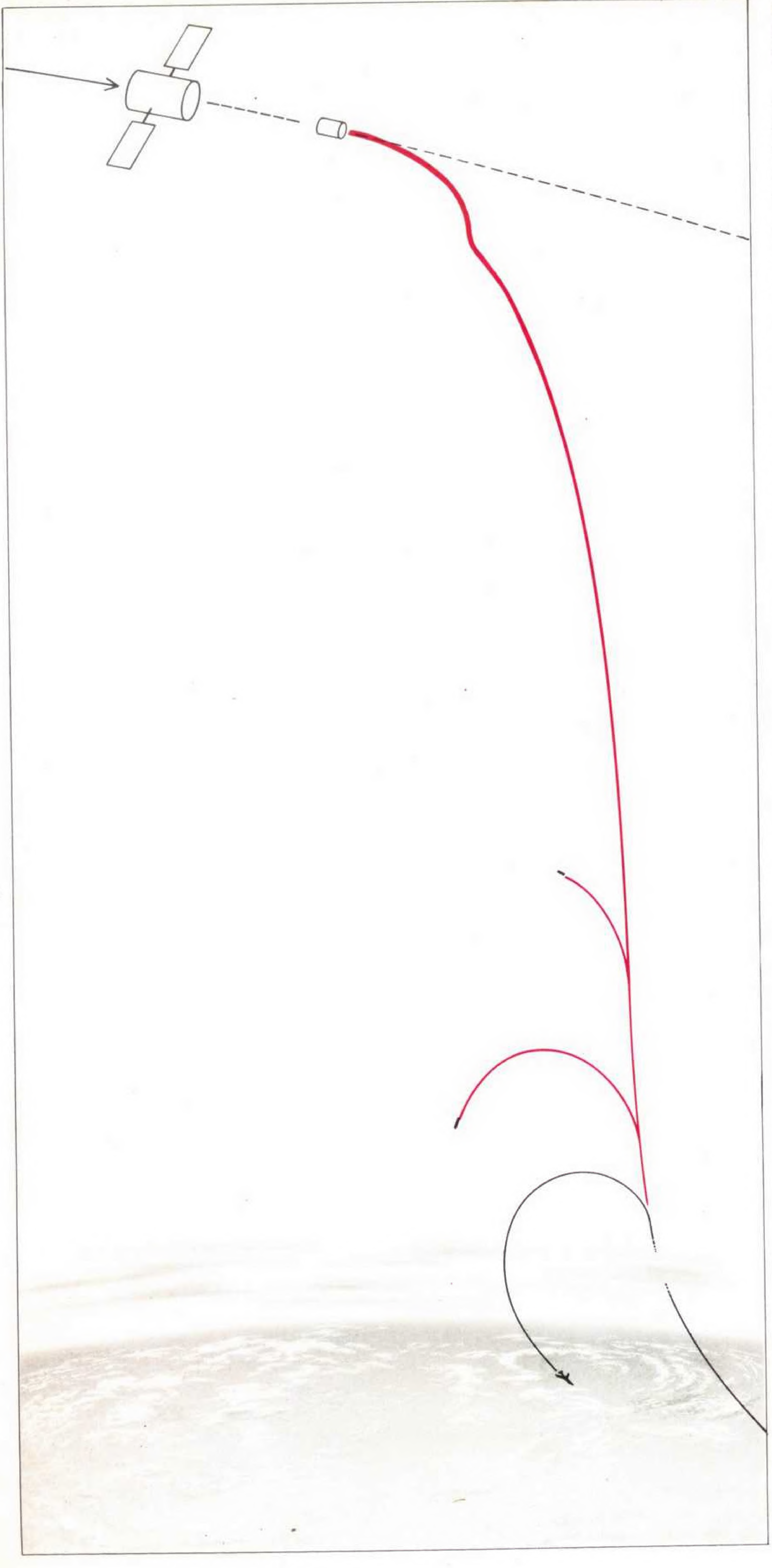
Los satélites soviéticos de información electrónica y de reconocimiento por radar, que han venido preocupando a la marina estadounidense, constituyen objetivos más realistas. El almirante Noel Gayler, ex-comandante en jefe de las fuerzas de Estados Unidos en el Pacífico y antiguo director de la Oficina Nacional de Seguridad, acaba de publicar una evaluación comparativa de las ventajas e inconvenientes relativos que suponen las armas antisatélites para la marina. Gayler señala que es fácil provocar interferencias o engañar a un satélite radárico y que no puede rechazarse la información electrónica circunscribiéndola a las señales enviadas desde buques; de no adoptarse especiales precauciones, tales señales las detectan otros puestos de escucha que no precisan estar situados en el espacio. Sin embargo, pueden ya establecerse comunicaciones de alta densidad de datos entre buques y satélites por medio de rayos dirigidos con gran precisión, comunicaciones que son difíciles de interceptar. De acuerdo con esta opinión, la seguridad de la flota norteamericana de satélites reviste para la seguridad de la marina un interés mayor que la capacidad de destruir satélites soviéticos de vigilancia oceánica.

A medio camino entre los dos escenarios recién descritos (carrera ilimitada y prohibición de pruebas que limite ulteriores desarrollos) existe otra alternativa; a saber: permitir a ambas partes mantener y ensayar sus armas antisatélites de baja órbita y prohibir el desarrollo y las pruebas de cuantas armas abatieran satélites en órbitas geosincrónicas o en cualquier otro tipo de órbitas altas. En una situación semejante, los satélites de importancia para las operaciones militares convencionales correrían un riesgo, pero quedarían al abrigo los que se suponen imprescindibles para las fuerzas estratégicas.

Una pugna ilimitada en materia de armamentos contra satélites incidiría también sobre las armas estratégicas, habida cuenta de la estrecha relación que media entre éstas y la defensa contra misiles balísticos. Relación que se hace patente en el sistema norteamericano antisatélite, pues el vehículo miniaturizado de aproximación es, en esencia, el mismo ingenio diseñado para la interceptación en vuelo de ICBM por el programa para la realización de la aproximación (*Homing Overlay Program*) del ejército norteamericano. El director del laboratorio nacional de Los Alamos, Donald M. Kerr, Jr., acaba de firmar un reciente estudio donde examina con detalle la relación existente entre armas antisatélites y defensa de misiles balísticos. Implicación que abona George A. Keyworth II, consejero científico del Presidente, quien sugiere el desarrollo de un arma antisa-



arma contra satélites y el objetivo se hallan en lo que puede denominarse órbitas de "caza y pastoreo". El arma antisatélites se acerca a su objetivo lateralmente, siguiéndole en su trayectoria, valiéndose para ello de un instrumento de aproximación óptico/infrarrojo dirigido por radar. Se produce entonces la explosión de la ojiva, que lanza una andanada de metralla contra el objetivo. En las 20 pruebas realizadas desde 1968 [*véase la figura 2*], el arma ha sido lanzada desde una base situada en la República de Kazakistán. La interceptación ha tenido lugar en la primera o en la segunda órbita.



télite láser como un primer paso hacia el logro de un sistema por misiles balísticos instalado en el espacio.

La relación tecnológica entre armas antisatélites y defensa de misiles balísticos comporta consecuencias de cierto relieve: ofrece una puerta por donde escaparse de los compromisos del Tratado sobre Misiles Antibalísticos (ABM) de 1972. Como señaló el presidente Reagan en su declaración de abril de 1983 sobre el alcance del control de armamentos, "la prohibición que establece el Tratado ABM de desarrollar, realizar pruebas y desplegar sistemas ABM instalados en el espacio, o componentes de tales sistemas, se refiere a tecnologías de energía dirigida o a cualquier otra tecnología usada a tales fines. Por ello, cuando tales programas de energía dirigida entran en la fase de pruebas en tierra, están sujetos a las limitaciones derivadas de las obligaciones del Tratado ABM". Pero el tratado ABM no prohíbe el desarrollo ni la realización de pruebas de tecnologías contra satélites. Sólo prohíbe la interferencia real con "medios tecnológicos nacionales" de comprobación, es decir, satélites usados con tales propósitos.

Mientras el Tratado ABM no se complete con otro que limite el desarrollo de armas contra satélite, cabrá siempre la posibilidad de pretextar que el arma que se está desarrollando pretende serlo contra satélite, aunque su fin último sea servir para la defensa de misiles balísticos. A diferencia de los satélites, los misiles son fuertes, pequeños y pueden quedar rápidamente rodeados de trampas; además, se mueven en trayectorias que hay que precisar al llegar el momento de la interceptación. En consecuencia, los sistemas defensivos de misiles balísticos se convertirían en eficaces armas antisatélites mucho antes de alcanzar su capacidad contra misiles balísticos. Será difícil refutar tal pretensión durante muchos años.

Ello es especialmente cierto en las armas de energía dirigida, que destrui-

8. INTERCEPTACION por ascensión directa. Es la planeada por Estados Unidos para su sistema antisatélites. El F-15 lanza el cohete de dos fases en dirección al objetivo, según la información de seguimiento recibida de una estación de control en tierra. El vehículo de aproximación miniaturizado alcanza la altitud orbital por medio de impulsores, que se separan, para caer uno tras otro, a medida que se acaba su combustible. El arma sigue entonces una trayectoria balística hasta que se aproxima a su objetivo, punto en el que el sistema de aproximación por infrarrojos toma las riendas y conduce el vehículo a la colisión con el objetivo. La destrucción se produce por impacto a alta velocidad. El actual programa de pruebas concluirá con lanzamientos contra globos-objetivo situados en órbita.

rían objetivos a gran distancia, y que por tanto representarían una amenaza potencial para los satélites geosincrónicos. Tales armas, en una defensa contra misiles balísticos, pueden hacer blanco en un minuto o antes, mientras que en el caso de satélites tardaríase horas. Por todas esas razones, un arma pensada exclusivamente con capacidad antisatélite inevitablemente habrá de contemplarla el adversario como un naciente sistema defensivo de misiles balísticos. Puesto que la forma más barata y eficaz de responder a una defensa contra misiles balísticos es la creación de fuerzas ofensivas estratégicas, ésta sería la consecuencia probable de un sistema innovador contrasatélite.

Un tratado sobre armas antisatélites podría abarcar uno o más de los objetivos siguientes: prohibir la realización de pruebas, así como poseer o usar tales armas; limitar las interferencias no destructoras de las funciones del satélite; prohibir cualquier clase de contacto con satélites susceptible de cambiar su trayectoria o su comportamiento o inutilizar su funcionamiento; imponer restricciones a todo tipo de acercamiento rápido y en proximidad entre dos objetos espaciales, sin importar de quién fueran, a fin de impedir la práctica de maniobras que pudieran considerarse contra satélites; institucionalizar un "código de circulación" que redujese en todo lo posible los encuentros fortuitos.

El análisis de todas estas medidas nos llevaría demasiado lejos. Vamos a concentrarnos, por el contrario, en aquellas disposiciones de los tratados que, desde nuestro punto de vista, serían fundamentales si de lo que se trata es de imponer limitaciones a la amenaza real contra los satélites, a través de una adecuada comprobación de su cumplimiento. A grandes rasgos, puede decirse que estos objetivos eran los que afirmaba perseguir Estados Unidos en las negociaciones suspendidas en 1979.

La forma más eficaz de impedir que aumenten las amenazas contra los satélites sería por medio de una prohibición de toda prueba de armas contra objetos espaciales, con independencia de dónde tuvieran sus bases las armas. Su comprobación se aseguraría renunciando a una prohibición de posesión de armas antisatélites, no poniendo ninguna restricción a las contramedidas contra satélites (mientras esas actividades no causen daño) y prohibiendo las pruebas de armas procedentes del espacio contra objetivos en tierra o en la atmósfera, pues tras esas actividades se pueden ocultar pruebas antisatélites. Naturalmente, el tratado prohibiría también el uso de armas contra satélites de otros países.

Dos de los autores (Garwin y Gottfried), acompañados del almirante Gayler, presentamos ante una sesión del Comité de Relaciones Exteriores del Senado de los Estados Unidos convocada al efecto un modelo de tratado inspirado en esas directrices que había elaborado un grupo seleccionado bajo los auspicios de la Unión de Científicos Involucrados.

El proyecto de tratado que presentó la Unión Soviética ante las Naciones Unidas en 1983 es semejante en los aspectos claves a nuestro tratado marco. El proyecto soviético de tratado pide también el rápido desmantelamiento de todas las armas antisatélites, pero no contempla la mayoría de los elementos del proyecto de tratado soviético de 1981 que criticamos en la sesión del Senado. En su última aparición en público, el presidente Andropov anunció una moratoria para las pruebas antisatélites por parte de la Unión Soviética, que se mantendría mientras Estados Unidos se abstuviese de realizarlas.

¿Podría comprobarse adecuadamente el cumplimiento de semejante prohibición de pruebas? Estados Unidos tiene por el planeta una red de radares y telescopios de seguimiento espacial que permite a sus fuerzas aéreas seguir todos los lanzamientos y objetos espaciales soviéticos. Dado que Estados Unidos tiene ya una experiencia de 15 años en el control de las pruebas soviéticas contra satélites no ocultas, las pruebas clandestinas del sistema actual sólo podrían escapar a su detección si lo que atacasen fuese un punto en el espacio, en lugar de un objetivo, y si evitasen realizar maniobras inusuales, característica de las armas antisatélites. A la vista de los resultados alcanzados por la Unión Soviética en este campo, es de pensar que no sería mucho lo que éste país ganaría con un programa de pruebas sometido a restricciones tan severas.

El control de las pruebas camufladas de nuevos tipos de arma antisatélites exige un examen caso por caso, pero todas esas pruebas se enfrentarán a un dispositivo de vigilancia cada vez mayor. La red norteamericana de radar se ha ampliado últimamente para darle mayor precisión en sus seguimientos y más capacidad de cobertura. El sistema de vigilancia electro-óptica espacial en profundidad con base en tierra (Ground-based Electro-Optical Deep Space Surveillance, GEODSS), que culminará en 1987, proporcionará datos ópticos y orbitales pormenorizados de objetos espaciales situados incluso en órbitas sincrónicas. Además, existiendo una prohibición de pruebas, puede tomarse la decisión de desarrollar vehículos espaciales diseñados expresamente para asegurar el cumplimiento de dicha prohibición. Tales vehículos podrían fotografiar y seguir la pista de objetos sospechosos, medir su emisión infrarroja para ver si sobre ellos inciden rayos láser y controlar aquellas actividades, en el espacio y en tierra, que, dentro de su legalidad, puedan enmascarar propósitos contra satélites.

Aunque una prohibición de pruebas impondría importantes obstáculos a los avances contra los satélites, dejaría las manos libres a ambas partes para proteger a sus propios satélites contra la amenaza residual que pudiera representar cualquier ingenio antisatélite aún existente. ¿Por qué no suprimir esta amenaza residual con la prohibición de la posesión de armas antisatélites, especialmente teniendo en cuenta la oferta soviética en ese sentido? Naturalmente, la prohibición sería de gran ayuda, pero hay que reconocer la dificultad de comprobar su cumplimiento. Incluso el interceptor soviético de mayor tamaño podría almacenarse en secreto, por no hablar del arma norteamericana, de tamaño menor. Además, si los soviéticos desmantelasen todas sus instalaciones para el lanzamiento de su arma antisatélite, pondrían en dificultades su propio programa espacial.

De ahí que la prohibición de poseer armas antisatélites y el desmantelamiento de las instalaciones utilizadas para las pruebas soviéticas contra satélites hayan de contemplarse como una valiosa medida para crear un clima de confianza, pero no como cláusulas comprobables de un primer tratado. En todo caso, si el funcionamiento del sistema soviético contra satélites se viese limitado a su nivel actual por una prohibición de pruebas, las afirmaciones de 1979 del Jefe del Estado Mayor de las Fuerzas Aéreas dejan bien claro que la Unión Soviética no podría obtener ninguna ventaja militar de importancia ocultando cierto número de sus interceptores.

La actitud de la Administración norteamericana ante el control de armas antisatélites quedó clara con el informe al Congreso del pasado 31 de

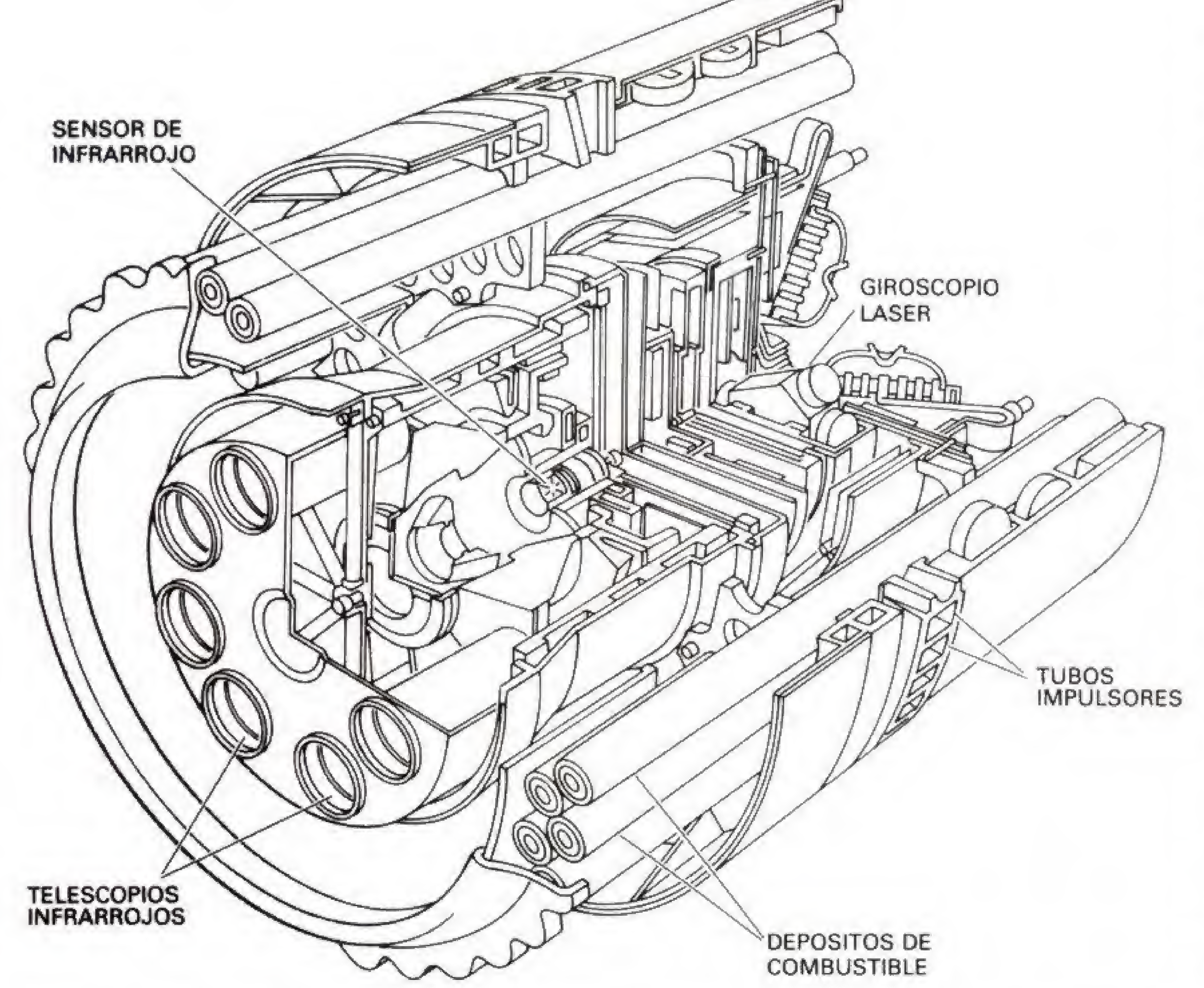
marzo. La Ley de Consignaciones para la Defensa para el ejercicio fiscal de 1984 contiene una cláusula donde se dispone de un fondo de 19 millones de dólares del que no se podrá hacer uso hasta que el presidente de la nación presente un informe que describa "los pasos concretos que se propone dar... en pro de un acuerdo probable con la Unión Soviética para prohibir o limitar estrictamente los sistemas ASAT, presentes y futuros".

La conclusión esencial del informe de la presidencia es que "no se ha podido llegar hasta ahora a ningún arreglo ni acuerdo, más allá de los que actualmente rigen las actividades militares en el espacio exterior, que pueda considerarse dentro de los intereses globales de Estados Unidos y sus aliados"; por tanto, no existe ningún propósito de emprender negociaciones en el momento actual. Varias son las razones que se citan en apoyo de esta conclusión: la posibilidad de que la Unión Soviética se guarde una remesa de interceptores antisatélites; la dificultad de controlar pruebas antisatélites; la consecuente amenaza de un repentino despliegue soviético de armas que se hayan desarrollado clandestinamente; la posibilidad de que armas no pensadas en principio con finalidades contra satélites (como los ICBM) se empleen para atacar a los satélites y a sus estaciones en tierra; el problema de cómo definir un arma espacial en el contexto de contramedidas electrónicas, naves espaciales y ciertos sistemas comerciales no especificados; y, por fin, la amenaza que representan para las fuerzas estadounidenses (sobre todo para la Marina) los satélites soviéticos de reconocimiento e identificación de objetivos.

Nos hemos detenido en los problemas planteados por la Administración estadounidense: el significado militar de los interceptores existentes que podrían permanecer en el arsenal soviético, la comprobación del cumplimiento de la prohibición de pruebas, la vulnerabilidad de la marina a los satélites soviéticos y la credibilidad de disuadir de cualquier ataque contra nuestros satélites con la amenaza de una acción de represalia sobre los de los soviéticos. No hemos entrado a discutir la vulnerabilidad de los satélites y su sistema de apoyo para el ataque con armas estratégicas, porque éste es un peligro que sólo puede mantenerse alejado permaneciendo en paz, así como tampoco nos hemos preocupado de amenazas indefinidas o marginales. Sin embargo, algunos puntos de éstos exigen, al menos, un somero comentario.

En primer lugar, la Administración afirma que no es posible comprobar el cumplimiento de una prohibición de pruebas. Esta idea se funda en la comparación entre la tecnología armamentista, en evolución, y la capacidad estática de comprobación, ignorando el hecho de que el gobierno de Estados Unidos ha manifestado tener un conocimiento detallado del actual programa soviético contra satélites. Un régimen de sometimiento a un tratado podría (en realidad, debería) ir acompañado de una adecuada inversión en más poderosas técnicas de vigilancia. En su declaración al Congreso, el primero de marzo, en apoyo del programa "Star Wars", el Subsecretario de Defensa para la Investigación y la Ingeniería, Richard D. DeLauer, expuso los ambiciosos planes para una instalación espacial de seguimiento y para alcanzar objetivos, que contaría con radar, láser y otros dispositivos. Se prevé que este vasto complejo pueda observar y seguir al mismo tiempo decenas de miles de objetos espaciales, reconocerlos y decidir automáticamente cómo atacarlos. "Tiene que funcionar adecuadamente, incluso en caso de producirse perturbaciones causadas por armas nucleares o por agresión directa del enemigo." Naturalmente, con un sistema más barato y sencillo podrían recogerse y analizarse los datos procedentes de hechos aislados y esporádicos que deben controlarse en tiempos de paz para que se mantenga la confianza en un tratado de prohibición de pruebas contra satélites, tarea que pueden llevar a cabo sin agobios hombres y máquinas.

En segundo lugar, hay que comparar el coste del mantenimiento de un determinado nivel de capacidad de los satélites, en presencia y en ausencia de armas antisatélites. Si se desarrollan y despliegan esas armas hay que contar con un sistema mucho más versátil y robusto y de más rápida actuación que si se tratase solamente de controlar una prohibición de pruebas. Si las armas ensayadas están legalmente dispuestas para atacarlos, los satélites habrán de contar con medidas protectoras mucho mejores y con un sistema de apoyo más perfecto que si se tratase de una situación en la que sólo se temiese la posible existencia de una amenaza antisatélite estrechamente limitada. Al evaluar los costes de un programa contra satélites,



9. VEHICULO DE APROXIMACION MINIATURIZADO situado en el interior del satélite norteamericano. Se trata de un instrumento cilíndrico, pequeño y robusto, que incorpora ocho telescopios de rayos infrarrojos y 56 pequeños cohetes impulsores emplazados alrededor de su periferia. El giroscopio determina cuándo han de conectarse o detenerse los impulsores para ajustar la trayectoria del vehículo. El primer contrato para la fabricación del arma se ha concedido a la LTV Aerospace and Defense Company.

no hay que olvidar los de esas sofisticadas instalaciones de vigilancia espacial, medidas protectoras y sistemas de apoyo.

En tercer lugar, la tesis de la Administración no distingue entre los varios sistemas que potencialmente representan una amenaza inmediata y simultánea contra todo lo que constituye una flota de satélites y sistemas que podrían atacar sólo a uno, o a lo más a unos pocos satélites, dando la alerta para una acción de huida o de sustitución. El interceptor norteamericano y las futuras armas de energía dirigida pertenecen a esa primera categoría, mientras que el interceptor soviético y los satélites comerciales y para maniobra de naves espaciales pertenecen a la segunda. La primera categoría representa una importante amenaza militar y es también la más fácil de limitar con un tratado que prohíba las pruebas.

Al juzgar el valor de toda propuesta de control de armamentos hay que reconocer que no hay tratado que pueda comprobarse en todos sus detalles. Lo que cuenta a la postre es si la actividad susceptible de escapar a la detección constituye un riesgo mayor que los peligros que entrañaría un régimen sin tratados. Con esta observación por delante, veamos cuál es el equilibrio entre los futuros alternativos que hemos postulado. El primer régimen, marcado por una carrera ilimitada, acabaría exponiendo a todos los satélites a la amenaza de una súbita destrucción; de ello derivaría un riesgo creciente de que la crisis y los conflictos escapasen al control. En el segundo régimen, limitado por un tratado de prohibición de pruebas, los satélites no estarían del todo a salvo, pero los peligros a que habrían de hacer frente se escalonarían, se irían identificando y podrían contrarrestarse con medidas de fácil arbitrio y de precio razonable.

Debe apoyarse el régimen no limitado sólo si una parte o la otra esperan alcanzar una ventaja duradera, en materia de armas, que les permita la destrucción de satélites y de misiles balísticos. Mas no son esas las perspectivas. La experiencia acumulada desde Hiroshima prueba que no hay tecnología en la que una superpotencia pueda mantener a largo plazo ventaja militar que represente una grave amenaza para la otra, y que el resultado de esa competencia es la reducción del nivel de seguridad para ambas partes. No hay prueba de que una carrera de armamentos espaciales sea la excepción.

Bibliografía

Los lectores interesados en una mayor profundización de los temas expuestos pueden consultar los trabajos siguientes:

ARMAS ANTISATELITES

THE SOVIET YEAR IN SPACE: 1982. Nicholas L. Johnson. Teledyne Brown Engineering. Colorado Springs, 1983.

ANTI-SATELLITE WEAPONS: ARMS CONTROL OR ARMS RACE? Union of Concerned Scientists. Junio, 1983.

SOVIET MILITARY PROGRAMS AND THE "NEW HIGH GROUND". Stephen M. Meyer en *Survival*, vol. 25, n.º 5; septiembre-octubre, 1983.

IMPLICATIONS OF ANTI-SATELLITE WEAPONS FOR ABM ISSUES. Donald M. Kerr, Jr., en *Outer Space—Can Militarization Be Stopped?* dirigido por B. Jasani. Stockholm International Peace Research Institute. Taylor & Francis Ltd. En prensa.

METALURGIA SUPERFICIAL PRECOLOMBINA

PRE-COLUMBIAN METALLURGY OF SOUTH AMERICA. Dirigido por Elizabeth P. Benson. Dumbarton Oaks Research Library and Collections, Trustees for Harvard University, 1979.

A PRE-COLUMBIAN TECHNIQUE FOR ELECTROCHEMICAL REPLACEMENT PLATING OF GOLD AND SILVER ON COPPER OBJECTS. Heather Lechtman en *Journal of Metals*, vol. 31, n.º 12, páginas 154-160; diciembre, 1979.

ANDEAN VALUE SYSTEMS AND THE DEVELOPMENT OF PREHISTORIC METALLURGY. Heather Lechtman en *Technology and Culture*, vol. 25, n.º 1, páginas 1-36; enero, 1984.

EXTINCIONES MASIVAS EN LOS OCEANOS

CRISES IN THE HISTORY OF LIFE. Norman D. Newell en *Scientific American*, vol. 208, n.º 2, págs. 76-92; febrero, 1963.

THE GREAT INFRA-CAMBRIAN ICE AGE. W. Brian Harlan y Martin J. S. Rudwick en *Scientific American*, vol. 211, n.º 2, págs. 28-36; agosto, 1964.

THE WINTERS OF THE WORLD: EARTH UNDER THE ICE AGES. Dirigido por Brian S. John. John Wiley & Sons, Inc., 1979.

GEOLOGICAL IMPLICATIONS OF IMPACTS OF LARGE ASTEROIDS AND COMETS ON THE EARTH. L. T. Silver y P. H. Schultz. Geological Society of America Special Paper 190; 1982.

ELEMENTOS GENETICOS TRANSPONIBLES DEL MAIZ

THE CONTROL OF GENE ACTION IN MAIZE. Barbara McClintock en *Brookhaven Symposia in Biology*, vol. 18, págs. 162-184; 1965.

CONTROLLING ELEMENTS IN MAIZE. Nina V. Fedoroff en *Mobile Genetic Elements*, dirigido por James A. Shapiro. Academic Press, 1983.

ISOLATION OF THE TRANSPOSABLE MAIZE CONTROLLING ELEMENTS *Ac* AND *Ds*. N. Fedoroff, S. Wessler y S. Shure en *Cell*, vol. 35, n.º 11, págs. 235-242; noviembre, 1983.

PREFERENCIA ATOMICA ENTRE IZQUIERDA Y DERECHA

PARITY NONCONSERVATION IN ATOMS: STATUS OF THEORY AND EXPERIMENT. E. N. Fortson y L. Wilets en *Advances in Atomic and Molecular Physics*, vol. 16, págs. 319-371; 1980.

OBSERVATION OF A PARITY VIOLATION IN CESIUM. M. A. Bouchiat, J. Guena, L. Hunter y L. Pottier en *Physics Letters*, vol. 117B, n.º 5, págs. 358-364; 18 de noviembre de 1982.

ECOLOGIA DEL BOSQUE ESCLEROFILO MEDITERRANEO

BIOGEOCHEMISTRY OF A FORESTED ECOSYSTEM. G. E. Likens, F. H. Bormann, R. S. Pierce, J. S. Eaton y N. M. Johnson. Springer-Verlag; Nueva York, 1977.

EL FLUJO DE ENERGÍA EN UN ECOSISTEMA DE BOSQUE. J. R. Gosz, R. T. Holmes, G. E. Likens y F. H. Bormann en *Investigación y Ciencia*, n.º 20, págs. 47-57; mayo, 1978.

PROBLÈMES D'ÉCOLOGIE: STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES. Dirigido por M. Lamotte y F. Bourliere. Masson; Paris, 1978.

LA CLOROFILA EN LOS ENCINARES DEL MONTSENY. C. Gracia. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, 1983.

CIRCULACIÓN DE NUTRIENTES EN ALGUNOS ECOSISTEMAS FORESTALES DEL MONTSENY (BARCELONA). L. Ferrés, F. Rodà, A. M. C. Verdú y J. Terradas en *Mediterranea* 8. En prensa.

ESTRUCTURA Y EVOLUCION DE LOS GRANOS INTERESTELARES

COSMIC DUST. Dirigido por J. A. M. McDonnell. John Wiley & Sons, Inc., 1978.

DUST IN DENSE CLOUDS: ONE STAGE IN A CYCLE. J. Mayo Greenberg en *Submillimetre Wave Astronomy*, dirigido por J. E. Beckman y J. P. Phillips. Cambridge University Press, 1982.

COMPLEJOS GIGANTES DE NUBES MOLECULARES EN LA GALAXIA. Leo Blitz en *Investigación y Ciencia*, n.º 69, págs. 48-58; junio, 1982.

EFUSIONES DE ENERGÍA EN ESTRELLAS JÓVENES. Charles J. Lada en *Investigación y Ciencia*, n.º 72, págs. 44-55; septiembre, 1982.

ICES IN SPACE. J. Mayo Greenberg, C. E. P. M. van de Bult y L. J. Allamandola in *Journal of Physical Chemistry*, vol. 87, págs. 4243-4260; 1983.

TUERCAS Y PERNOS

THE HERITAGE OF MECHANICAL FASTENERS. Industrial Fasteners Institute, 1974.

STANDARD HANDBOOK OF FASTENING AND JOINING. Dirigido por Robert O. Parmeley. McGraw-Hill Book Company, 1977.

JUEGOS DE ORDENADOR

THE SCIENCE OF SOAP FILMS AND SOAP BUBBLES. Cyril Isenberg. Tieto Ltd.; 5 Elton Road, Clevedon, Avon (England); 1978.

COMPUTERS AND INTRACTABILITY: A GUIDE TO THE THEORY OF NP COMPLETENESS. Michael R. Garey y David S. Johnson, W. H. Freeman and Company, 1979.

TALLER Y LABORATORIO

THE HEAT PIPE. G. Yale Eastman en *Scientific American*, vol. 218, n.º 5, págs. 38-46; mayo, 1968.

EXPERIMENT IN THE BRAGG REFLECTION OF LIGHT FOR THE UNDERGRADUATE USING CHOLESTERIC LIQUID CRYSTALS. A. Olah y J. W. Doane en *American Journal of Physics*, vol. 45, n.º 5, págs. 485-488; mayo, 1977.

Número 95
Agosto 1984

INVESTIGACION Y CIENCIA *Edición en español de* SCIENTIFIC AMERICAN

7 **ARMAS ANTISATELITES, Richard L. Garwin, Kurt Gottfried y Donald L. Hafner**
Supondrían una amenaza a la positiva aportación de los satélites a la seguridad internacional.

20 **METALURGIA SUPERFICIAL PRECOLOMBINA, Heather Lechtman**
Los orfebres de las culturas andinas conocían la manera de cubrir el cobre con oro o plata.

30 **EXTINCIONES MASIVAS EN LOS OCEANOS, Steven M. Stanley**
El agotamiento de especies en breves intervalos quizá responda al enfriamiento del agua.

44 **ELEMENTOS GENETICOS TRANSPONIBLES DEL MAIZ, Nina V. Fedoroff**
Se han descrito ahora en el nivel molecular varios elementos descubiertos hace 40 años.

56 **PREFERENCIA ATOMICA ENTRE IZQUIERDA Y DERECHA, Marie-Anne Bouchiat y Lionel Pottier** La fuerza débil entre los electrones y el núcleo explica la asimetría.

68 **ECOLOGIA DEL BOSQUE ESCLEROFILO MEDITERRANEO, Antonio Escarré, Carlos Gracia, Ferran Rodà y Jaume Terradas** Estructura y funcionamiento de los encinares.

80 **ESTRUCTURA Y EVOLUCION DE LOS GRANOS INTERESTELARES, J. Mayo Greenberg**
Las partículas de polvo cósmico ofrecen una compleja estructura de núcleo y envoltura.

92 **TUERCAS Y PERNOS, Frederick E. Graves**
Inventados en el siglo xv, las tuercas y los pernos siguen en activo proceso de desarrollo.

3 AUTORES

4 HACE...

40 CIENCIA Y SOCIEDAD

100 JUEGOS DE ORDENADOR

105 TALLER Y LABORATORIO

110 LIBROS

112 BIBLIOGRAFIA

Los autores

RICHARD L. GARWIN, KURT GOTTFRIED y DONALD L. HAFNER ("Armas antisatélites") son, respectivamente, becario del Centro de Investigación Thomas J. Watson de la International Business Machines Corporation (IBM), profesor de física de la Universidad de Cornell y profesor adjunto de ciencia política del Boston College. Garwin se licenció en ciencias por el Instituto Case de Tecnología y se doctoró en física por la Universidad de Chicago; permaneció tres años en esa institución, tras lo cual se incorporó a IBM, donde ha desempeñado diversos cargos, entre otros el de director del Laboratorio Watson. Gottfried nació en Austria y emigró a Canadá en 1939. Se licenció por la Universidad McGill y se doctoró por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Trabajó en la Universidad de Harvard desde 1960 hasta 1964, año en que pasó a la de Cornell, donde ha permanecido hasta hoy. Hafner cursó el primer ciclo en el Kalamazoo College, Michigan, doctorándose en ciencias políticas por la Universidad de Chicago, en 1972. Durante 1977 y 1978 abandonó la docencia para trabajar en la Agencia para el Control de los Armamentos y el Desarme.

HEATHER LECHTMAN ("Metalurgia superficial precolombina") enseña arqueología y tecnología antigua en el Instituto de Tecnología de Massachusetts. Colabora en el programa de antropología y arqueología de los departamentos de humanidades y de ciencias de los materiales e ingeniería. Tras su licenciatura por el Vassar College, comenzó a trabajar en el departamento de biofísica del Instituto Sloan-Kattering para la Investigación del Cáncer. Cuatro años después se trasladó al Instituto Americano de Física. Posteriormente ingresó en la Universidad de Nueva York para continuar sus estudios, obteniendo la licenciatura en Bellas Artes y un diploma de conservadora de obras de arte y materiales arqueológicos. Pasó luego al MIT. Dirige el Centro Interinstitucional para la Investigación de Materiales Arqueológicos y Etnológicos.

STEVEN M. STANLEY ("Extinciones masivas en los océanos") resume así su biografía académica: "Soy profesor de paleobiología en el departamento de ciencias de la tierra y de los planetas de la Universidad Johns Hopkins. Cursé la licenciatura en la Universidad de Princeton y me doctoré por la de Yale. Estoy interesado en el área de confluencia de la geología con la biología. Mis investigaciones anteriores se han centrado en la morfología funcional y la evolución de los organismos marinos y en la naturaleza de la evolución a gran escala. Ultimamente me he ocupado de las faunas de moluscos de Florida que se extinguieron a principios de la última edad del hielo".

NINA V. FEDOROFF ("Elementos genéticos transponibles del maíz") se halla adscrita al departamento de embriología de la Institución Carnegie de Washington. Da también clases de biología en la Universidad Johns Hopkins. "Mi interés por los elementos genéticos transponibles del maíz arranca de un encuentro con Barbara McClintock durante una visita a Cold Spring Harbor, hacia 1977, encuentro que me indujo a leer todos los trabajos pioneros de esa autora. Precisamente cuando el aislamiento de los elementos del maíz aparecía ante mí como una idea gloriosa y poco realista se me ofreció un puesto en la Institución Carnegie. La política que se sigue en ese centro, dedicar simultáneamente atención a la investigación y apoyo a objetivos a largo plazo, permitió consagrarme a la biología molecular del maíz, que estaba entonces en sus balbuceos."

MARIE-ANNE BOUCHIAT y LIONEL POTTIER ("Preferencia atómica entre izquierda y derecha") pertenecen al Centro Nacional Francés de Investigación Científica (CNRS). Colaboran en el tema sobre el que versa su artículo desde 1974. Bouchiat trabaja en el laboratorio de física de la Escuela Normal Superior (ENS) de París. Tras licenciarse por la Escuela Normal Superior de Sèvres se trasladó a los Estados Unidos, donde disfrutó de una beca de dos años en la Universidad de Princeton. Volvió al ENS, doctorándose en 1964. Pottier comenzó su trabajo experimental en el laboratorio de Bouchiat; volvió a doctorarse en 1972.

ANTONI ESCARRE, CARLOS GRACIA, FERRAN RODA y JAUME TERRADAS ("Ecología del bosque esclerófilo mediterráneo") son biólogos especializados en ecología terrestre. Escarré es profesor titular y dirige el departamento de biología de la Universidad de Alicante. Sus líneas de trabajo se centran en la biogeoquímica de cuencas forestales y en la ecología de las comunidades de artrópodos y de vertebrados terrestres. Gracia es profesor del departamento de ecología de la Universidad de Barcelona y ha estudiado la organización vertical de los bosques en relación con el régimen de radiación en la bóveda forestal. Rodà, profesor del departamento de ecología de la Universidad Autónoma de Barcelona, ha abordado el papel de las aguas de lluvia y de avenamiento en la circulación de nutrientes en los bosques. Terradas es catedrático de ecología y director del mismo departamento, y se ha especializado en la ecofisiología de los vegetales, en ecología forestal y en las relaciones entre ecología y educación ambiental. Todos ellos participan en un programa común dirigido a esclarecer aspectos básicos de la estructura y el funcionamiento de los bosques mediterráneos.

J. MAYO GREENBERG ("Estructura y evolución de los granos interestelares") enseña astrofísica de laboratorio en la Universidad de Leiden. Durante la segunda guerra mundial realizó trabajos de hidrodinámica teórica para la Comisión Asesora Nacional de Aeronáutica. Se doctoró en física en 1948. En 1952 ingresó en el cuerpo docente del Instituto Politécnico Rensselaer. A finales de los años cincuenta, su interés se trasladó de la física a la astronomía. En 1968 y 1969 la Universidad de Leiden le ofreció inaugurar la nueva cátedra de astrofísica de laboratorio. De nuevo en los Estados Unidos ocupó la cátedra de astronomía de la Universidad estatal de Nueva York en Albany. En 1975, Greenberg aceptó un empleo permanente en Leiden, donde creó un laboratorio para estudiar los efectos de la radiación ultravioleta sobre los granos interestelares.

FREDERICK E. GRAVES ("Tuercas y pernos") es ingeniero y ha trabajado como consejero para fabricantes de elementos de unión. Después de licenciarse en ciencias por la Universidad de Pennsylvania, en 1940, se incorporó al Battelle Memorial Institute para investigar en ingeniería. Estuvo tres años en dicho instituto, integrándose luego en la industria privada. En 1969 se estableció por su cuenta.